

2027년 차세대광기반연산반도체핵심기술개발사업 기술수요조사

(한국연구재단 반도체·디스플레이단, '26.8.31.)

1. 사업개요

- (추진배경) 생성형 AI의 확산으로 연산 부담과 전력 소모가 급증함에 따라, 에너지 최적화가 가능한 광 기반 컴퓨팅 기술의 중요성 증가
- (필요성) 주요국은 광기반 AI 연산 기술 및 시제품 개발에 적극 투자 중이나, 국내는 투자와 연구기반이 미흡해 원천기술 확보와 생태계 조성 시급
- (사업목적) 선형·비선형 광 프로세서 핵심기술과 기술 난제 해결을 위한 도전적 원천기술 확보를 통해 광기반 반도체 기술경쟁력 강화

2. 수요조사 개요

- 수요조사 분야
 - (광 컴퓨팅 기술 난제 해결) 광 컴퓨팅의 기술적 한계 극복을 위한 소재, 부품, 공정 혁신형 원천기술 발굴 및 지원

[광기반 연산반도체 구현을 위한 도전과제 분야]

1. 효율적인 광학적 비선형성 구현 및 새로운 광학물질 개발
2. 연속적인 광학 처리에서의 신호 감쇄 해결 및 효과적 연결 기술
3. 확장 가능한 고밀도 광프로세서 제작 및 EIC/PIC 집적 기술
4. 실리콘 포토닉스 등 광전자 부품의 에너지 효율 및 전송용량 향상 기술
5. 광전자 어레이 회로 대규모 확장 및 병렬 처리 기술

※ 2026년 광 컴퓨팅 기술 난제 해결 분야 신규과제 과제제안요구서(RFP) 참고

- 예상 연구기간 : 3년 내외
- 예상 연구비 : 연평균 3억원 내외
- 추진일정(안)
 - '26년 8월 28일 ~ '26년 9월 28일 18시까지 : 기술수요조사 접수
 - '26년 10월~12월 : 연구주제안내서/RFP 상세기획
 - '27년 1월 : 사업 공고 예정

※ 상기 일정은 진행 상황에 따라 변동 가능

3. 수요조사 대상 및 고려사항

- 기초연구진흥 및 기술개발지원에 관한 법률 제14조(특정연구개발사업의 추진)에 해당하는 기관 또는 단체 소속 연구자
- 제출된 서류는 일절 반환하지 않으며, 동 사업의 유망 기술분야 사전발굴을 위한 참고자료로만 사용

※ 특정 기술수요조사는 동 사업 신규과제 추진기획을 위한 사전 유망분야 발굴을 목적으로 하고 있으며, 따라서 신규과제 선정과는 관련이 없는 별개의 분야 수요조사 및 의견수렴 과정임을 유의하시기 바랍니다.

4. 접수 방법

- 접수 : 한국연구재단 기획마루(<https://plan.nrf.re.kr>)

<특정 기술수요조사 참여 방법>

- ① 한국연구재단 “기획마루(<https://plan.nrf.re.kr>)” 홈페이지 접속 후 동 사업에 대한 특정 기술수요조사(공모주제) 공고 확인
- ② 아래 절차에 따라 제안서 접수
: 로그인(KRI 등) → ‘특정 기술수요조사’ 클릭 → 해당 제안 ‘공모 주제’ 클릭 → 공모 내용 확인 후 ‘등록’ 클릭 → ‘개인정보수집 및 이용 등’ 동의함 체크 후 신청하기 클릭 → 기본정보입력 및 제안정보 입력/첨부파일 등록(존재 시) 신청하기 클릭 → ‘제안접수확인’ 탭에서 접수 여부 확인

- 문의 : 한국연구재단 반도체·디스플레이단 송수경 연구원 (042-869-7866)

참고

2026년 광 컴퓨팅 기술 난제 해결 분야 과제제안요구서(RFP)

관리번호		2026-반도체·디스플레이- 1-품목공모-16		RFP 유형코드	목적·내용	성과물 특성	지원유형
					R	0	1
					원천연구	이론·기술의 정립 및 검증 (TRL 2~4)	일반연구개발
국가전략연구 기획평가전문분야		PM분야	반도체 ·디스플레이	RB분야	비Si반도체	RB 세부분야	-
사업명		차세대광기반연산반도체핵심기술개발사업-차세대광기반연산반도체핵심기술개발					
RFP명		광기반 연산반도체 난제 해결형 기술개발					
		(TRL : [시작] 2단계 ~ [종료] 4단계)					
지원 정보	지원기간	2026.07 ~ 2028.12		정부지원금	2,325 백만원		
	1단계 (1차년도)	2026.07 ~ 2028.12 (2026.07 ~ 2026.12)		1단계 (1차년도)	2,325 백만원 (465 백만원)		
	주관기관유형	■ 제한없음 □ 대학/출연(연)/국·공립연/특정연 □ 기업 □ 기타 비영리법인(병원 등) □ 외국법인					
	주관기관 외 필수참여기관	■ 제한없음 □ 기업 □ 기타 비영리법인(병원 등) □ 외국법인					
키워드	한글	광컴퓨팅, 이차원 소재, 인-센서 프로세서, 편광					
	영문	Optical Computing, 2D Materials, In-sensor Processor, Polarization					

1. 추진배경

○ 세부 추진배경

- 초거대 AI 및 엣지 디바이스 확산으로 데이터가 폭증하고 있으나, 현존하는 반도체 집적회로 기술은 전력 소모, 발열, 데이터 이동 병목 등 물리적 한계에 봉착함
- 광기반 기술이 대안으로 부상했으나, 현재 기술은 대부분 선형 연산과 수동 소자에 국한되어 고차원 AI 모델 구현에 필수적인 활성화 함수 및 가변적 처리가 쉽지 않음
- 고성능·고효율 AI 반도체 개발이 활발하나 발열 및 냉각 에너지 한계에 직면하여, 이를 보완할 광기반 연산 시스템의 도입 필요성이 대두됨
- 데이터 수집과 연산이 분리된 비효율적 구조를 탈피, 센서 자체에서 정보를 처리하는 인-센서(In-sensor) 컴퓨팅 기술 도입을 통해 에너지 효율과 처리 속도의 획기적 개선이 시급함
- 단순 광량 제어를 넘어 편광 등 빛의 다차원성을 활용하거나, 신소재를 접목한 연산 밀도와 효율의 획기적 돌파구 마련 시급

○ 기획의 주안점

- 기존 광학계의 한계인 비선형성 확보와 외부 제어가 가능한 능동성 구현에 집중하여, 기존의 광기반 연산의 난제를 해결하는 원천기술 확보
- 이미지 센싱과 광연산 기능을 단일 소자 내에서 통합 수행하는 신개념 인-센서 컴퓨팅 기술을 확보
- 2D 소재 등 차세대 신소재를 도입하여 기존 광학계의 부피 문제를 해결하고, 초소형·저전력 능동 구동형(Active-driving) 광소자 플랫폼 구축
- 편광 다중화 기술을 적용하여 정보 처리 용량을 극대화한 초병렬 컴퓨팅 실현

2. 과제목표

○ 세부과제별 목표

① 이차원 소재 기반 비선형 광연산 플랫폼

□ 기술의 필요성

- 초고속·초저지연 광기반 인공신경망 구성을 위해서는 행렬-벡터 곱셈과 같은 선형 연산 뿐만 아니라 비선형 활성화함수(ReLU, Sigmoid 함수 등)의 구현이 필수적임.
- 최근에는 원자층 두께를 지닌 이차원 소재가 강한 광-물질 상호작용으로 인한 큰 비선형 광학 현상(optical nonlinearity)을 보유하고 있어, 차세대 광기반 비선형 활성화함수 구현에 있어 유망한 물질 중 하나로 각광받고 있음.
- 하지만 아직 광기반 비선형 활성화함수 소자 개발에 대한 기술 성숙도가 미숙하며, 특히 활성화함수의 임계점을 동적으로 제어할 수 있는 기술은 현재까지 보고된 바 없음.

□ 기술이 달성하고자 하는 목표

- 큰 비선형 광학현상을 지닌 이차원 소재 발굴
- 이차원 소재 광도파로 기반 비선형 활성화함수 구현 및 동적 제어 기술 개발

□ 기술 예시

- 이차원 소재 엑시톤-폴라리톤 기반 비선형 연산 플랫폼 개발
- 이차원 소재-메타표면 기반 광변조 비선형 연산 플랫폼 개발
- 이차원 소재-플라즈모닉 복합 비선형 연산 플랫폼 개발

□ 응용 분야

- LLM용 AI 광 가속기 기술
- 초저지연 엣지 컴퓨팅 기술

② 재구성 가능한 아날로그 광기반 인-센서 프로세서

□ 기술의 필요성

- 인공지능(AI), 자율주행, 로봇틱스 등의 분야에서 고도화된 비전 응용의 확산으로 초고해상도 이미지 데이터가 급증하고 있으며, 이에 따라 이미지 센서와 DSP 간의 데이터 전송 병목 현상 및 전력 소모 문제가 심화되고 있음
- 센서 단계에서 빛의 물리적 특성 및 다양한 광전자 소자 특성을 활용하여 DSP없이 광 신호의 감지와 연산을 수행할 수 있는 초저전력, 고효율 아키텍처에 대한 기술적 요구가 증가하고 있음
- 이러한 광기반 인-센서 프로세서는 센싱과 연산을 동일 공간 내에서 물리적으로 통합함으로써, 초고병렬·초저지연·초저전력 특성을 구현할 수 있어 차세대 엣지 AI 및 온디바이스 AI 구현을 위한 핵심 기술로 주목받고 있음

□ 기술이 달성하고자 하는 목표

- 광 신호 감지와 연산 기능이 하드웨어적으로 통합된 구조를 활용하여, DSP를 필요로 하지 않는 새로운 구조의 광센서-연산 일체형 비전 프로세서 구현을 목표로 함. 연산의 핵심 메커니즘은 빛의 물리적 특성 또는 광전자 소자의 가변적인 물리 특성을 활용해야 함
- 제안 기술은 응용 확장성을 고려하여 연산에 필요한 weight/parameter 값의 외부 설정 및 재구성이 가능해야 함
- 제안된 기술을 활용하여, 제안자가 설정한 특정 영상 연산 기능 (예: 특징 추출, 압축, 분류, CNN 1계층 등)에 대한 실험적 검증 결과를 제시해야 함

- 본 사업의 취지에서 벗어나는 CMOS Image Sensor (CIS) 후단에 아날로그 전자회로를 집적하는 아날로그 인-센서 컴퓨팅 기술은 과제 선정에서 제외함

□ 기술 예시

- 광-전자 혼합형 Image Sensor Front-End 기술
- 메타표면 기반 광 In-Sensor Convolution 기술
- Phase-Change Material (PCM) 기반 In-Sensor Computing 기술

□ 응용 분야

- Always-on 비전 센서
- AR/VR 및 공간 인식

③ 편광 기반의 다중화 기법 원천기술 개발

□ 기술의 필요성

- 기존 스칼라(광세기) 연산은 정보 표현력 제한 및 집적도 확장에 한계
- 빛의 편광은 진폭 및 위상과는 별개로 정보를 저장할 수 있는 벡터 물리량임. 편광각 자체를 데이터로 인코딩하면, 단일 소자 내에서 두 가지 상태(TE/TM)를 동시에 처리하거나, 편광의 회전을 통해 비선형적인 연산 로직을 물리적으로 구현할 수 있음
- 두 개의 직교하는 편광 모드를 하나의 도파로에서 독립적인 채널로 운용하다가 필요시 상호 작용시키는 방식은, 물리적인 도파로 수를 절반으로 줄이면서도 연산 밀도를 2배 이상 높이는 핵심 기술임

□ 기술이 달성하고자 하는 목표

- 편광 상태를 독립 변수로 활용하여, 단일 도파로 내에서 [분리-가중치 부여-합산]이 가능한 ' 능동형 편광 벡터 연산 유닛' 원천기술 개발 및 칩 레벨 검증
- 입력된 편광 신호를 TE/TM 모드로 고효율 분리
- 분리된 각 모드에 대해 능동 소자를 이용해 2-bit(4단계) 이상의 가중치 부여
- 분리된 수직편광 신호를 간섭/합산하여 연산 결과 도출

□ 기술 예시

- Polarization-MAC Unit: 입력 데이터 X 를 편광각 θ 으로 인코딩하고, 가중치 W 를 편광 회전 소자의 회전각 $\Delta\theta$ 로 제어하여, 출력단의 편광 상태 변화로 $Y = WX$ 연산을 수행하는 아날로그 광 프로세서
- 편광의 직교성을 이용한 XOR, XNOR 등 비선형 논리 연산의 효율적 구현

□ 응용 분야

- 직접회로 기반 광 컴퓨팅 기술
- 편광 기반 인터커넥터

3. 성과지표

○ 세부과제별 성과지표

① 이차원 소재 기반 비선형 광연산 플랫폼

항목	최종목표	성과수준			비고
		국내 최고수준	세계 최고수준	기타	
필수	JCR 상위 25% 이내 논문 게재 수	2	-	-	-
	국외 특허(출원)	1	-	-	-
	재구성도 (reconfigurable level)	≥ 3 levels	-	3 levels	-
	변조속도 (response rate)	1 GHz (T=300K)	-	1~2 GHz	-
	삽입손실 (insertion loss)	< 5dB	-	-	-
자율	비선형 활성화함수 재현성	자율제시	-	-	-
	비선형 임계 파워	자율제시	-	-	-

② 재구성 가능한 아날로그 광기반 인-센서 프로세서

항목	최종목표	성과수준			비고
		국내 최고수준	세계 최고수준	기타	
필수	JCR 상위 25% 이내 논문 게재 수	2	-	-	-
	국외 특허(출원)	1	-	-	-
	어레이 사이즈	≥ 3 x 3	-	-	-
	가중치/매개변수 재구성도	≥ 3-bit	-	6-bit	-
자율	실증을 위한 영상 처리 기능	자율제시	-	-	-
	제안된 영상처리 기능 수행을 위한 소비 에너지 목표 (J/operation)	자율제시	-	-	-

③ 편광 기반의 다중화 기법 원천기술 개발

항목	최종목표	성과수준			비고
		국내 최고수준	세계 최고수준	기타	
필수	JCR 상위 25% 이내 논문 게재 수	2	-	-	-
	국외 특허(출원)	1	-	-	-
	편광 분리도	≥ 20 dB	-	> 25 dB	-
	가중치 제어	2-bit (4-level)	-	4 bit	-
	편광 회전 효율	≥ 90 %	-	97%	-
자율	연산 속도	자율제시	-	-	-
	단위소자 삽입손실	자율제시	-	-	-

4. 특기사항

기본 특성분류	주요 항목별 해당여부	국가전략기술	■ Y (반도체·디스플레이_고성능저전력 인공지능 반도체)	□ N
		혁신도전형 R&D	□ Y	■ N
		특허로 R&D(舊 IP-R&D)	□ Y	■ N
		경쟁형 R&D	□ Y	■ N
		보안과제	□ Y	■ N
		기술료 징수	■ Y	□ N
		3책5공 적용	■ Y	□ N
		국제공동연구 의무	□ Y	■ N
		지자체 예산매칭 의무	□ Y	■ N
	ESG	□ E(환경) □ S(사회) □ G(지배구조) ■ 해당없음		

- (연구개발계획서 제출 시) 실제 연구개발과제명은 연구자의 아이디어가 반영된 제목으로 변경하여 제출해야 함
- 연차 점검(필요 시)을 통해 연차별 추진 현황 및 성과를 점검받고, 점검·평가·추진위원회의 의견에 따라 연구개발과제의 목표 및 내용, 과제 구성, 연구비, 계속 지원 여부 등 조정 가능

5. 연구개발기간 및 연구개발비

- 연구개발기간 : '26.7. ~ '28.12.(총 30개월 내외)
- 세부과제당 연구개발비 : 총 775백만원 내외('26년 155백만원)

연구기간('26.7. ~ '28.12. / 30개월)		
1차년도	2차년도	3차년도
'26.7.~'26.12.	'27.1.~'27.12.	'28.1.~'28.12.
155백만원	310백만원	310백만원

※ 연차별 연구비 규모 및 연구기간은 정부예산 사정에 따라 변경 가능

- 선정 과제 수 : 세부과제별 각 1개 (총 3개)